Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN-1010-2760, RNPS-0111, Vol. 21, No. Esp., diciembre, pp. 54-58, 2012

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto del riego subsuperficial en la microinjertación del cacao

Effect of subsurface irrigation for fuse in the microinjertation of cocoa

Pedro Ochoa Mena[1] y Manuel Peña Casadevalls[2]

RESUMEN. El interés del país, respecto al cultivo del cacao como renglón exportable y fuente de alimento, por aumentar, renovar y rehabilitar las plantaciones y la imperiosa necesidad del uso de sistemas de riego en el cultivo, sobre la base de la nueva dinámica climática, condujeron a la realización de este trabajo con el objetivo de evaluar la efectividad de la tecnología de riego subsuperficial por mecha, con respecto al riego por microaspersión aérea, en el crecimiento y desarrollo de posturas de cacao, propagadas por microinjertación. El experimento, diseñado en Bloques al Azar, estuvo compuesto por 4 tratamientos con 3 réplicas. Los tratamientos T1, T2 y T3 respondieron al riego subsuperficial por *Mecha*, mientras el T4 correspondió al tratamiento testigo (*Microaspersión*). Las variables estudiadas fueron: diámetro y longitud del injerto y área foliar. Los resultados mostraron mayor efectividad del riego subsuperficial respecto a la microaspersión, alcanzándose mejor desarrollo y crecimiento en las posturas de cacao microinjertadas, además del ahorro del 96 % del agua dispuesta para el riego. Entre los tratamientos subsuperficiales, el T1 fue el más promisorio. Se evidencia la utilización de esta nueva técnica de riego sin el empleo de energía eléctrica y en zonas con escasa precipitación.

Palabras clave: mecha, capilaridad, succión, propagación, cacao.

ABSTRACT. The interest of the country, in relation to the cultivation of the cocoa like exportable line and source of food, to increase, to renew and to rehabilitate the plantations and the imperious need of use of systems of irrigation in the cultivation on the new climatic dynamics's base, subsuperficial for fuze, regarding the irrigation for microaspersión aerial, in the growth and development of postures of cocoa drove to the realization of this work for the sake of evaluating the effectiveness of technology of irrigation, propagated for microinjertation. The experiment, designed in Bloques at random, he was repaired for 4 treatments with 3 replies. The treatments T1, T2 and T3 answered to the irrigation subsuperficial for *Mecha,* while the T4 corresponded to treatment witness (*Microaspersión).* Variables gone into were: diameter and length of the graft and area foliating. aftermath evidenced bigger effectiveness of irrigation subsuperficial in relation to the microaspersión, better alcanzándose development and growth in the postures of cocoa microinjertadas, in addition to the saving of the 96 % of the water arranged for the irrigation. Enter treatments subsuperficiales, the T1 was the more promissory. The utilization of this new technique of irrigation without the job of electric power and at zones with scarce rainfall becomes evident.

Keywords: fuze, capillarity, suction, propagation, cocoa.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y la satisfacción de las necesidades de alimentos para la humanidad, imponen el desarrollo rápido del riego en todo el mundo, no sólo en las zonas de bajos niveles de precipitación, sino también en las regiones consideradas relativamente húmedas. El riego es uno de los recursos fundamentales del futuro para la producción de alimentos, la cual no sólo permite elevar considerablemente el rendimiento, sino también *estabilizar* la producción agrícola, siendo de gran necesidad para los países en vías de desarrollo. (García *et al.* (1996).

El papel de los sistemas de riego a nivel mundial cada día es más necesario e importante, más si tenemos en cuenta los resultados de las últimas investigaciones respecto al incremento de las zonas desérticas y semidesérticas en todo el hemisferio (Encarta, 2008).

La sequía es uno de los eventos meteorológicos más nocivos conocidos en el planeta. Su acrecentada influencia ha dado lugar a que se le considere como "uno de los mayores

Recibido 13/05/11, aprobado 10/09/12, trabajo 74/12, artículo original.

[1] M. Sc., Investigador, Instituto de Investigaciones Agroforestales, UCTB, Baracoa, La Pasada, Calle 1, No. 8, Baracoa, Guantánamo, Cuba, C.P.: 97310, E-✉: kacho.gtm@infomed.sld.cu

[2] Dr. C., profesor, CEH, Facultad de Ingeniería, UNICA, Ciego de Ávila, Cuba.

desastres naturales del mundo, el más frecuente y persistente, de mayores efectos negativos para la producción agrícola, como también de impactos adversos reales y potenciales sobre el medio ambiente". El agua se escasea no solo en regiones con presencia de sequía meteorológica y/o agrícola, sino también en regiones con precipitaciones abundantes. (Encarta, 2009)

Es muy importante desarrollar sistemas de riego de alta eficiencia, sencillo, económico y de bajo consumo de energía, que permitan aprovechar mejor el agua disponible, algo similar a lo expuesto por Panda *et al.* (2004), quienes refieren que la aplicación del agua como riego en zonas con escasez requiere de enfoques innovadores y sostenibles.

La falta de agua puede limitar o frenar el desarrollo económico en naciones cuyo desarrollo depende de lo que pueda hacerse empleando el recurso agua para aumentar los beneficios. (Wichelns *et al.* 2003).

La economía del agua se ve afectada por dos causas esenciales, las altas necesidades de riego y la creciente demanda de la población. La agricultura debe potenciar a quienes usan el agua para regar sus cultivos, planificando y desarrollando políticas capaces de ahorrar el agua de riego, los problema locales y aspectos socioeconómicos referidos al agua de riego deben ser enfocados por los futuros trabajos de investigación. (Araus, 2004)

Probablemente la producción de los cultivos plantados en zonas tropicales sea restringida por la provisión de agua y esta afecta la eficiencia del uso del agua y por ende detiene o disminuye la actividad de las raíces y de las hojas, en los cultivos. (Stape *et al.* 2004)

Dentro de los cultivos plantados en zonas tropicales se encuentra el cacao, árbol cuyo fruto es la materia prima para la obtención del chocolate. En la actualidad, se pretende incrementar la producción y los rendimientos de este cultivo a nivel nacional, por lo que se hace necesario aumentar, renovar y rehabilitar las plantaciones cacaoteras con material vegetativo de alto potencial productivo y resistente a plagas y enfermedades; para ello se considera la propagación del cacao por el método asexual.

En el cacao existen dos métodos de propagación: la propagación sexual y la asexual (Márquez y Aguirre, 2006). En la práctica, para Menéndez *et al.* (2000), se prefiere el método asexual, por presentar numerosas ventajas respecto al otro método, pues a través del mismo no se producen cambios en la constitución genética del nuevo individuo, además de representar todas las características desde el punto de vista genético de la planta madre.

El interés del país, respecto al cultivo del cacao como renglón exportable y fuente de alimento, por aumentar, renovar y rehabilitar las plantaciones cacaoteras evidenciado en el Programa Nacional de Desarrollo del Cacao y la imperiosa necesidad del empleo de sistemas de riego en el cultivo, sobre la base de la nueva dinámica climática a la que nos estamos enfrentando, condujeron a la realización de este trabajo con el objetivo de **evaluar la efectividad de la tecnología de riego subsuperficial por mecha, con respecto al riego por microaspersión aérea, en el crecimiento y desarrollo de posturas de cacao, propagadas por microinjertación.**

MÉTODOS

El experimento se desarrolló en la Estación de Investigación de Cacao de Baracoa, durante el período marzo 2007 a julio 2009, en el área experimental de propagación bajo condiciones semiprotegidas (manta de nylon impermeable).

Las posturas microinjertadas estuvieron conformadas por el cultivar UF-613 como patrón y el cultivar UF-650 como yema.

Bajo un diseño experimental en bloques al azar, el experimento estuvo compuesto por 4 tratamientos (tabla 1) con 3 réplicas y 3 repeticiones (siempre en el período marzo–junio, considerado como el más desfavorable para el proceso de microinjertación en posturas de cacao, Menéndez *et al.,* 2003).

TABLA 1. Características de los tratamientos

Tratamientos	Estado	Descripción
T1	Riego Subsuperficial	Mecha de tela (poliéster 100%).
T2	Riego Subsuperficial	Mecha de tela (poliéster 65%+algodón 35%).
T3	Riego Subsuperficial	Mecha del mesocarpio de coco.
T4	Riego Superficial	Microaspersión aérea.

Los tratamientos T1, T2 y T3 responden al riego subsuperficial por Mecha (tecnología de riego localizado, bajo los principios *capilaridad* y *succión*). Las mechas de riego fueron ubicadas en el interior de los bolsos de polietileno (12 x 22), en la tercera parte de su altura; las mismas presentaron las dimensiones siguientes: 0,30 m de longitud, 0,02 m de ancho y 0,001 m de espesor (para el caso de las de tela), mientras que para las mechas de coco el espesor fue de 0,004 m. Para estos tratamientos se construyó un microembalse con iguales dimensiones ¨superficiales¨ al cantero donde se ubicaron las posturas (largo=3,70 m, ancho=0,80 m y profundidad=0,05 m) con capacidad de almacenaje de 0,185 m^3. Las posturas sometidas a estos tratamientos consumieron como promedio 0,420 L de agua, durante la etapa de estudio (107 días=3½ meses).

Para la ejecución del microembalse se realizó una excavación en el terreno donde se ubicaron finalmente las posturas, luego se colocó un tramo de manta de nylon de polietileno la cual cumple la función de impermeabilizar el suelo excavado, más tarde se llenó de agua y por último se situaron unas tablas de madera (largo=1,00 m, ancho=0,05 m y espesor=0,02 m) equidistantes a 0,05 m cuya función fue la de servir de soporte a los bolsos.

Por su parte, el T4 representa al tratamiento testigo, al que se le aplicó riego superficial por la técnica de microaspersión aérea (microaspersor con gasto de 41 L/h) con frecuencia de aplicación en días alternos. Con el empleo de esta técnica se determinó un gasto promedio por postura, en el período de estudio, de 10,93 L.

Las evaluaciones se realizaron a los 3,5 meses de edad de las posturas y se estudiaron las variables: diámetro del injerto, longitud del injerto y área foliar (teniendo en cuenta los indicadores: número y longitud de las hojas).

Para el caso del área foliar se empleó la fórmula propuesta por Navarro *et al*. (1996):

$$Y = 0{,}67666(L \cdot A) - 1{,}843$$

donde:

Y–Área foliar, cm^2;

L–Largo de las hojas, cm;

A–Ancho de las hojas, cm.

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA simple) a través del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus. El método utilizado, dentro de este análisis, para el estudio entre medias fue el procedimiento de las diferencias más francamente significativas de Tukey (HSD), con un nivel de confianza del 95%.

Para realizar la valoración económica de los resultados obtenidos en el presente estudio se extrapolaron los mismos para un vivero de propagación de cacao por microinjertación con capacidad para 100 mil posturas en el año y se analizaron las actividades normales que se ejecutan en un vivero de este tipo, con sistema de abastecimiento: fuente de abasto subterránea, equipo de bombeo y tanque elevado (tratamiento testigo, T4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la Tabla 2, respecto a la variable *diámetro del tallo del injerto* sólo existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos T1, T2 respecto al T4; mostrando el T1 una ligera tendencia superior con un registro de 0,46 cm. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Menéndez *et al.* (2003), durante un estudio realizado en condiciones experimentales, para el período marzo-junio, con diámetros del tallo del injerto de 0,44 cm bajo riego superficial.

Según Menéndez *et al.* (2003), existen dos períodos bien definidos donde difieren los resultados en el proceso de microinjertación en posturas de cacao, uno es en el período marzo–junio considerado como desfavorable y el otro junio–septiembre catalogado como favorable. (Figura 1).

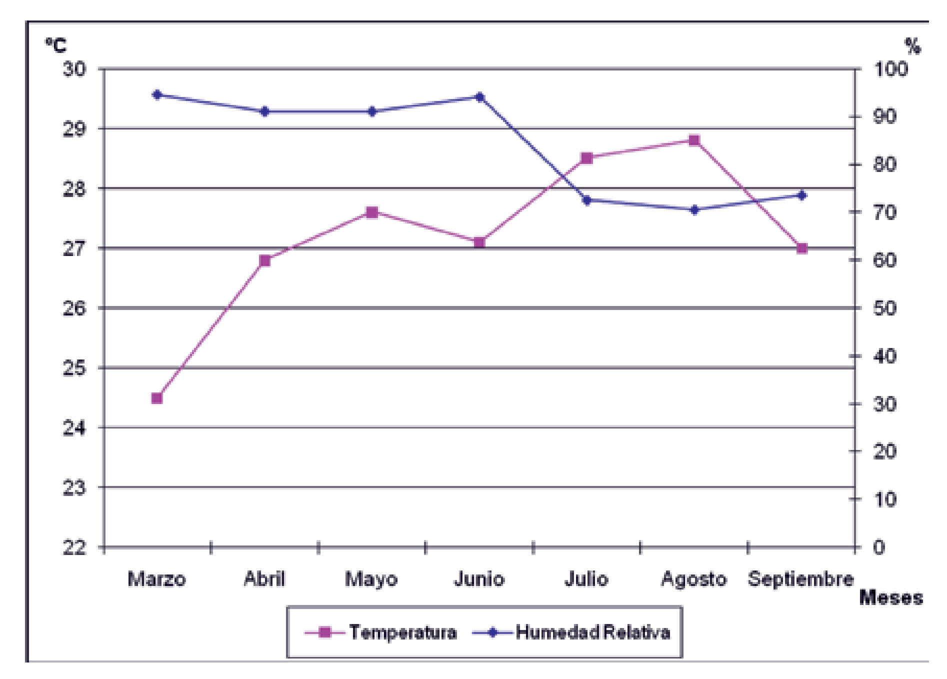


FIGURA 1. Comportamiento promedio de las variables meteorológicas: temperatura y humedad relativa, en el período marzo–septiembre, (años: 2007, 2008 y 2009).

Como se aprecia en el gráfico 1, en el período marzo–junio se registran temperaturas inferiores a los 28 °C, lo que corresponde con porcentajes elevados de humedad relativa, superiores al 90 %, factor limitante para el éxito del proceso de microinjertación en posturas de cacao.

Durante la etapa favorable Menéndez *et al.* (2003), obtuvieron diámetros en el tallo del injerto de 0,62 cm.

En la Tabla 2 se observa, además, la no diferencia estadística significativa entre los tratamientos T1, T2 y T3, aspecto importante pues en la práctica productiva se pudieran empelar mechas de coco (T3) para efectuar el riego de posturas de cacao microinjertadas, ya que estas son de origen natural, presentan un componente nutricional adicional que lo incorporan al agua de riego, contienen elementos que mesclados con el agua de riego adquieren propiedades anti fúngicas y son de fácil obtención o fabricación.

Con relación a la *longitud de los injertos* logrados, se aprecian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T1 y T2, con relación al T4, destacándose el T1, entre los tratamientos del primer método de riego, con una longitud o altura del injerto de 13,16 cm. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Menéndez *et al.* (2003), quien obtuvo longitudes del injerto de 8,98 cm, inferiores incluso a lo alcanzado por el T4 (9,33 cm). Por su parte, criterios de Reyes y María (2005) corroboran los resultados alcanzados por el presente estudio, pues refieren que las posturas de cacao sometidas a frecuencias de riego diarias e interdiarias contribuyen a incrementos en la altura de las mismas.

TABLA 2. Evaluación de las posturas propagadas por microinjertación

Tratamientos	Diámetro de injerto, cm	Longitud de injerto, cm	Número de hojas, U	Longitud de hojas, cm
T1	0,46 a	**13,16 a**	**7,73 a**	14,63 a
T2	0,45 a	12,83 a	6,36 b	**17,34 a**
T3	0,42 ab	12,08 ab	6,25 b	15,97 a
T4	0,37 b	9,33 b	6,89 ab	10,86 b
Coeficiente de Variación	9,513	15,405	10,913	18,872
Error Estándar	0,012	0,527	0,214	0,801
Probabilidad	$p < 0,0045$	$p < 0,0097$	$p < 0,0226$	$p < 0,0020$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

Respecto al indicador *número de hojas* se aprecian, diferencias estadísticas significativas entre el T1 y los tratamientos T2 y T3; mostrándose el T1 como el más promisorio, con 3,9 pares de hojas como promedio en las posturas microinjertadas. Los demás tratamientos también expusieron número de hojas alrededor de los 3 pares, siendo estos resultados similares a lo reportado por Menéndez *et al.* (2003).

El indicador *longitud de las hojas*, mostró diferencias estadísticas significativas entre el método de riego subsuperficial (T1, T2 y T3) y el método superficial (T4), destacándose el T2, entre los demás tratamientos del primer método de riego, con hojas de 17,34 cm de longitud, alcanzándose un incremento de la longitud de las hojas, respecto a las posturas microinjertadas sometidas al T4, de 5,12 cm.

Al analizar la variable *área foliar* (Tabla 3) se aprecia diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4, a pesar de no existir diferencias entre el T2 y T3. Las posturas sometidas al T1 obtuvieron mayor valor del área foliar, siendo de 440,44 cm^2, mostrando (respecto al T4) incrementos del área foliar en un 37,.66 %. (Figura 2)

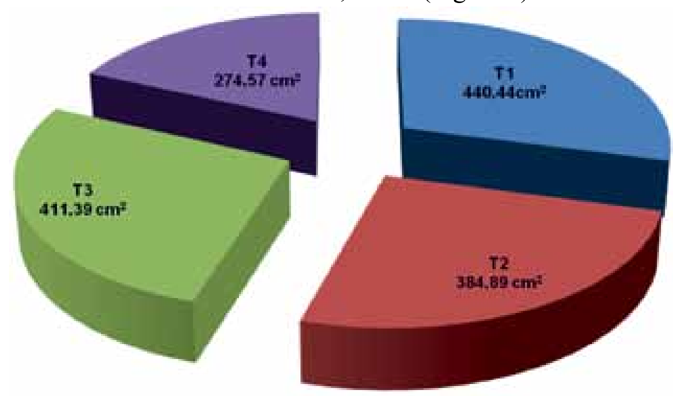


FIGURA 2. Comportamiento del área foliar (Y) por tratamientos.

Cuando se aplicó el riego subsuperficial, respecto a la microaspersión aérea, se ahorró el 96% del agua dispuesta para efectuar la actividad del riego.

Al realizar una valoración económica, se observa en la Tabla 4 la efectividad del riego subsuperficial respecto a la microaspersión aérea, desde el punto de vista de la eficiencia económica, ambiental, energética y productiva. Al analizar el costo de inversión se destaca un ahorro de $ 425.00 M.N. y $ 2 420.00 CU.C., a favor del riego subsuperficial.

Respecto al empleo del agua para riego se aprecia un ahorro de 271 756 m^3 de agua lo que muestra la efectividad del riego subsuperficial en zonas con escasez de agua o bajos registros de precipitación, pues sólo emplea durante un año y para regar 100 000 posturas 44 m^3.

TABLA 3. Evaluación del área foliar por tratamientos, cm^2

Tratamientos	Área foliar
T1	**440,44 a**
T2	384,89 b
T3	411,39 b
T4	274,57 c
Coeficiente de Variación	17,523
Error Estándar	19,112
Probabilidad	$p < 0,0000$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

Sobre la base del consumo energético, visto en el bombeo, se aprecia un consumo de 3 300 kWh en la referencia testigo, mientras en la tecnología de riego subsuperficial no se empleó energía eléctrica para su funcionamiento, lo que se ahorran (al no haber este consumo) alrededor de 1 370 L de combustible Diesel.

Con relación al empleo de mano de obra para efectuar la actividad del riego, se aprecia un costo, para el tratamiento testigo de $ 4 500.00 M.N., a diferencia del riego subsuperficial el cual no emplea mano de obra alguna para efectuar esta actividad, pues son las propias posturas las que se autoriegan. La tecnología de riego subsuperficial (*Riego por Mecha*) es autónoma, no requiriendo de la acción humana para que se produzca el riego, pues son las plantas las que deciden qué cantidad y a qué hora desean el agua. Gracias a la combinación de los principios *Capilaridad* y riego por *Succión* el agua llega al substrato a través de la mecha de riego y esta es capaz de humedecer el mismo (muy cercano a la capacidad de campo), las plantas succionan el agua necesaria y suficiente del substrato y acto seguido las mechas le incorporan a éste la misma cantidad de agua que las plantas habían consumido; de esta manera se crea un circuito cerrado, donde siempre el substrato tendrá la humedad óptima para las posturas.

TABLA 4. Valoración económica, estimada, para un vivero con capacidad para 100 mil posturas de cacao al año

Tratamiento	Costo de inversión MN	CUC	Norma total, m³/vivero/año	Costo energético, kWh	Costo de mano de obra para aplicar el riego, MN
Riego subsuperficial	260.00	80.00	44		
Microaspersión aérea	825.00	2 500.00	271 800	3 300	45 000.00

Sobre la base de las ganancias obtenidas por concepto de venta de posturas ($ 150 000.00 M.N.) se aprecia que para la propagación del cacao por microinjertación la utilización de ambas tecnologías es económicamente factible, teniendo en cuenta, además, algunos elementos comunes: costos en fuerza de trabajo, montaje y construcción del centro de propagación, recursos y materiales necesarios para la microinjertación, entre otros. Para el caso de la inversión realizada en CUC se considera subsidiada por el Estado, por considerarse de interés para el país a favor del incremento, renovación y rehabilitación de las plantaciones cacaoteras; la que se recuperará con el aumento de los niveles de exportación que surjan a partir de lo antes expuesto.

CONCLUSIONES

- El empleo del riego subsuperficial, a través de la técnica de riego por mecha, demostró mayor efectividad que la microaspersión aérea, alcanzándose mejor desarrollo y crecimiento en las posturas de cacao microinjertadas, además del ahorro del 96% del agua disponible para efectuar la actividad de riego.
- La tecnología de riego subsuperficial ¨*Riego por Mecha*¨ muestra mayor efectividad económica respecto a la microaspersión aérea.
- Dentro del método de riego subsuperficial, las mechas de riego de Poliéster 100% resultaron más efectivas, respecto a las variables estudiadas.
- El riego subsuperficial por mecha puede aplicarse para propagar cacao por microinjertación sin el empleo de energía eléctrica y en zonas con escasos niveles de precipitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUS, J.: “The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements agriculture, *Annals of Applied Biology,* 3(144): 259-272, 2004.

ENCARTA: *Regiones desérticas del mundo*, Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation, 2008.

ENCARTA: *Sequía*, Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2009.

GARCÍA, R., E. DEHOGUES y L. TZENOVA: *El Riego*, 447 pp., Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 1996.

MÁRQUEZ, J.J y M.B. AGUIRRE: *Manual Técnico de Propagación del Cacao*, 49pp., Producciones Gráficas MINREX, La Habana, Cuba, 2006.

MENÉNDEZ, M., G. MATOS, W. LAMBERTT, A. NARIÑO, P. PÉREZ, A. COLUMBIÉ, M. PIERRA y F. MARTÍNEZ: Obtención y Comercialización de Clones e Híbridos de *Theobroma cacao* Lin, 42pp., informe final, PN 00703025. Comité de Expertos. CITMA-La Habana, 2000.

MENÉNDEZ, M.; E. VÁZQUEZ; Y. RODRÍGUEZ y F. RODRÍGUEZ: *Introducción, conservación y caracterización de recursos fitogenéticos de Theobroma cacao Lin*., informe final, Proyecto 00703057, La Habana, Cuba, 2003.

Navarro, D.; G. Grave de Peralta; J.A. González; C.A. Bustamante, R.I. García, G. Tabares, y R.A. Miranda: *Método de estimación del área foliar en Theobroma cacao Lin*., Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Departamento de Agrotecnia, Tercer Frente, Santiago de Cuba, 1996.

PANDA, R., P. BEHERA; & P. KASHYAP: Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agricultural Water Management,* 3(66): 181-203, 2004.

REYES, E. Y A. MARÍA: *Frecuencia de riego y niveles de fertilización en el desarrollo de plántulas de cacao (Theobroma cacao) en vivero*. Informe técnico, Instituto Dominicano de Investigaciones Agroforestales, República Dominicana, 2005.

STAPE, J.; D. BINKLEY & M. RYAN: “Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil”, *Forest Ecology and Management,* 1-2(193), 17-31, 2004.

WICHELNS, D.; J. BARRY; M. MULLER; N. NAKAO; L. PHILO& A. ZITELLO: “Co-operation regarding water and other resources will enhance economic development in Egypt, Sudan, Ethiopia and Eritrea”, *International Journal of Water Resources Development,* 4(19): 535-552, 2003.